



TITLE:

Study on Safety Improvement of Road Vehicle Subjected to Crosswind(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Zhang, Dongming

CITATION:

Zhang, Dongming. Study on Safety Improvement of Road Vehicle Subjected to Crosswind.
京都大学, 2017, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2017-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k20344>

RIGHT:

許諾条件により本文は2018-03-23に公開

京都大学	博士 (工 学)	氏名	張 東 明
論文題目	Study on safety improvement of road vehicle subjected to crosswind (英文) (横風に対する道路走行車両の安全性向上に関する研究)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は、道路管理者もしくは地元警察に対し、強風時の交通規制施行の判断基準により合理性かつ客観性を付加する手法を提案することを目的とする。</p> <p>提案手法は、道路走行車両の形状に起因する空気力係数、急激な横風風速変化による空気力の過渡特性、車両の重量、走行速度等の車両固有の属性と、現地の風速、風向の短期予測値、風速変動、予測誤差等を入力条件とし、横風による横転、横移動に関するリスク回避に必要な走行速度を決定するものである。この情報を ITS 等の技術を利用し車載機へ配信することにより、横風による走行車両のリスクを事前に運転者に通知することが可能であり、車両個々の属性に応じた安全性確保が可能となる。また、対象地点を通過する車両の属性の多様性を考慮し、個々の属性を確率変数とし、対象地点の風況予測値をもとに横転、横移動の発生確率を算定することにより、道路管理者および地元警察に対し、より合理的かつ客観的な道路交通規制施行の判断基準を提示することも可能となる。</p> <p>第 1 章では、本研究の背景、目的および本論文の構成が記されている。静止流体中を急出発する円柱の過渡空気力を含む非流線型物体の過渡空気力、自動車車体に作用する空気力、風速の短期予測、強風に起因する自動車事故に関するリスク分析などの関連研究を概説している。</p> <p>第 2 章では、非定常性の強い時刻歴データからノイズを除去する技術である HWPT 法に着目し、実際に横風区間に突入する物体の過渡空気力に対して本手法を適用し、その有用性を確認するとともに、適用可能な物体形状について知見を得ている。さらに、横風風速と車両の空気力の入出力関係を線形システムとみなし、空気力のインディシャル応答を求める収束計算手法が提案されている。数学的検討によりその妥当性を明らかにするとともに、実際の実験データに対して本手法を適用し、その有用性が示されている。</p> <p>第 3 章では翼、平板、正方形柱を対象に、空気力測定実験および横風区間突入実験を行い、測定データに対し前章で提案された手法を適用している。空気力測定実験では、模型端部の気流の 3 次元的な剥離を抑える模型端板の影響が小さいことを確認するとともに、翼、平板では解析的に得られるインディシャル応答関数である Kuessner 関数と比較し、実験結果の妥当性ならびに HWPT 法の適用性を議論している。一方、正方形柱ではインディシャル応答関数を推定することができず、除去すべき渦放出周波数成分とインディシャル応答関数形状を決定づける時間変動成分が近い場合に、HWPT 法を適用する場合は推定不能となり、本手法の適用の限界を示している。</p> <p>第 4 章ではコンテナトラックを模擬した角柱模型を対象に前章と同様の実験を実施し、横力およびヨーイングモーメントに関する因子シャル応答関数を求めている。とくに横力は横風区間突入後徐々に空気力が定常値へ漸近するのに対し、ヨーイングモーメントには明瞭なオーバーシュートが確認され、既往の報告と同様の結果が得られ</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	張 東 明
<p>ている。なお、路面に相当する平面近傍を走行させる場合と、路面を除去した場合の両者について検討している。</p> <p>第 5 章では風速の短期予測について、ARIMA（Autoregressive Integrated Moving Average）モデル、ARMA-GARCH（Autoregressive Moving Average-Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic）モデル、マルコフ連鎖モデル、トレンドモデルの 4 つの手法を用い、それらの予測精度を比較検討している。</p> <p>第 6 章では横風による横転、横移動のリスク算定について述べている。まず車体に作用する空気力（横力、揚力）による転倒モーメントと重量による復元モーメントの静的つり合いから、横転に関する安定限界値（CWC）を、次いで空気力とタイヤの摩擦力の静的つり合いから横移動に関する安定限界値を、それぞれ風向、風速ごとに算出している。摩擦力の決定に際しては、タイヤの摩耗状況に応じて異なる摩擦係数を考慮している。次に、風速、風向が短期予測値を中心に、その変動および予測誤差で変化する確率変数とし、横転、横移動に関する生起確率を算出する方法を示し、車載機に配信するリスク情報のアルゴリズムと実際の計算時間を示している。さらに車両の形状、車種、空気力係数、重量等の属性を確率変数とし、各風速、風向ごとに横転、横移動発生確率を算定する手法を示し、実際の交通データをもとに平日および週末のリスクを定量的に評価している。</p> <p>第 7 章では以上の研究の成果をまとめて列挙している。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、強風時の交通規制施行の判断基準により合理性かつ客観性を付加する手法を提案することを目的とする。同時に本手法は、走行中の運転者に対し、たとえば高速道路交通システム (ITS) を利用して強風イベント発生前に警戒情報を配信する論理としても利用可能であり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 実際に発生した強風による横転事故を参考に、当該車両 (コンテナトラック) を角柱に単純化した車両模型を用い、一定速度で移動する車両模型を風洞により生成された横風区間へ突入させ、模型に作用する空気力を測定する横風区間突入実験を実施した。移動装置の機械的振動成分、車両模型背後に形成される渦列による交番的な変動空気力成分を除去する必要があるため、非定常性の強い測定データのノイズ除去法としてウェーブレット変換を用いた HWPT (Harmonic Wavelet Packet Transfer) 法を測定データに適用した。さらにステップ関数状の理想化された空間分布をもつ横風に突入した際の過渡空気力をインディシャル応答とみなし、これを推定する収束計算手法を開発した。

2. 2次元翼、平板、角柱を対象とした過渡空気力測定データに前述の HWPT 法および収束計算法を適用し、既往のデータおよび理論値と比較を通じて本手法の妥当性、適用性を確認するとともに、本手法を車両模型の過渡空気力測定データに適用し、車両の空気力のインディシャル応答を明らかにした。

3. 単純化した車両模型の空気力を風洞実験により計測するとともに、横力、ヨーイングモーメントについては 1. の横風区間突入実験を実施し、それぞれインディシャル応答を明らかにした。

4. 風速の短期予測法として、線形確率過程モデルおよびマルコフ過程モデルの適用性について検討し、ARIMA モデル、ARIMA-GARCH モデルおよびマルコフ過程モデルによる予測精度を比較した。

5. 横転事故車両の CWC を示すとともに、走行速度、形状、車体重量等の車両の属性のばらつきを考慮した横転、側方移動に対するリスク分析を行った。最後に以上の成果を総合し、風速、風向の変動を正規分布と仮定し、交通規制施行の合理的、客観的判断基準を提示する手法として提案した。

以上の通り、本論文は、道路交通管理や鉄道運行管理における強風時の安全性確保のための規制により高い合理性を持たせるため、強風の短期予測手法、走行車両に作用する空気力の評価手法、および車両の属性のばらつきを考慮した横転、側方移動のリスク分析手法を提案するものであり、実務への貢献が期待される。同時に、強風の短期予測技術、リスク分析手法は、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 29 年 2 月 20 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。